I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCBG und Abiturerlassen BG jeweils in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

Standardbezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzbereiche sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht explizit ausgewiesene Kompetenzen für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzen in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Bezugs zu den Kompetenzbereichen des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzbereiche				
	K1	K2	K3	K4	K5
1.1			X		
1.2.1	X				
1.2.2					X
1.3.1				X	
1.3.2				X	
2.1	X				
2.2	X				
2.3.1	X			X	
2.3.2				X	
2.3.3					X
2.4		X			

Inhaltlicher Bezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Themenfelder sind die wesentliche inhaltliche Grundlage für die vorliegenden Aufgaben. Darüber hinaus können weitere, hier nicht explizit ausgewiesene Themenfelder für die Bearbeitung nachrangig bedeutsam sein.

Q1: Biochemische Grundlagen der Biologietechnik
Q2: Molekularbiologische und gentechnische Grundlagen der Biologietechnik
Q3: Theorie der Biologietechnik in Verfahren und Anwendungen

verbindliche Themenfelder:
Grundlagen der Thermodynamik und der Enzymologie (Q1.1), Biochemie des Stoffwechsels der Kohlenhydrate (Q1.2), Molekularbiologische Grundlagen (Q2.1), Gentechnische Grundoperationen I (Q2.2), Gentechnische Grundoperationen II und Verfahren (Q3.1), Immunbiologische Grundlagen und abgeleitete technische Verfahren (Q3.2)

II Lösungshinweise

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Selbstverständlich sind jedoch Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, ebenso zu akzeptieren.

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
1.1	überführen **Sanger Methode** Denaturierung der DNA in Einzelstränge ↓ Mischen mit Primern, DNA-Polymerase, dNTPs und fluoreszenzmarkierten ddNTPs ↓ Synthese eines komplementären DNA-Stranges ↓ Einbau der ddNTPs führt zum Kettenabbruch ↓ Gemisch aus unterschiedlich langen DNA-Fragmenten ↓ Durchführen einer Gelelektrophorese und Bestrahlung mit Laser ↓ Bestimmung der Gesamtsequenz der DNA durch Computerprogramm	3	1	
	aufzeigen „Durchführung einer Gelelektrophorese“ Die Gelelektrophorese ist ein Trennverfahren, durch das in diesem Fall DNA-Fragmente unterschiedlicher Länge erfasst werden. Die DNA-Fragmente sind negativ geladen, sodass die Trennung aufgrund der Molekülgröße erfolgt. „Bestrahlung mit Laser“ Hierdurch werden die mit fluoreszierenden Farbstoffen markierten Banden sichtbar gemacht, und die Ergebnisse können digital ausgewertet werden. Hinweis für den Prüfenden: Die Schritte „Synthese eines komplementären Stranges“ und „Einbau der ddNTPs führt zum Kettenabbruch“ können auch parallel angeordnet werden.		3	3
1.2	erläutern – Bei der Gelelektrophorese beruht die Stofftrennung auf der unterschiedlich schnellen Wanderung geladener Teilchen in einem Gel. – Das Gel befindet sich zwischen den Elektroden eines Gleichspannungsfelds. – Das zu trennende Gemisch wird in sogenannte Taschen des Gels eingefüllt. – Das Gel wirkt wie ein Sieb, das die Wanderung der Teilchen in einem elektrischen Feld behindert. Je größer die Teilchen, umso stärker werden sie an der Wanderung durch das Gel behindert. – Dies ermöglicht eine Trennung nach der Molekülmasse. – Zur Sichtbarmachung der Banden wird ein geeigneter Farbstoff benutzt. – Um die Banden direkt auswerten zu können, lässt man einen Längenstandard mit bekannten Molekülmassen mitlaufen.	5	2	

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
1.3	erklären, ableiten Das Gen *EPAS* 1 ist sowohl unter normoxischen, als auch unter hypoxischen Bedingungen aktiv. Es codiert für ein Protein HIF-2α. Unter normoxischen Bedingungen sind die das Protein HIF-2α abbauenden Enzyme aktiv und so kann bei Anwesenheit von O_2 das Protein vom Körper abgebaut werden. Unter hypoxischen Bedingungen bindet HIF-1α an HIF-2β und aktiviert als Transkriptionsfaktor verschiedene Gene, so auch Gene für Enzyme oder Proteine, die zur Bildung des Hämoglobins und der Erythrozyten notwendig sind. Eine vermehrte Bildung von Erythrozyten hat zur Folge, dass mehr O_2 im Körper transportiert werden kann, der Sauerstoffmangel also ausgeglichen wird, das Blut aber mehr Blutkörperchen enthält, dieses also dickflüssiger wird. erklären ableiten		 2	 7
1.4.1	ermitteln Die durch das *EPAS* 1-Gen codierte Aminosäurekette (AS-Kette): Leu-Ile-Glu-Pro-Leu-Gly-Ala-Ser-Thr-Leu AS-Kette codiert durch *EPAS* 1a-Gen Leu-Ile-Glu-Thr-Leu-Gly-Ala-Ser-Thr-Leu ableiten Im vierten Triplett ist die erste Base G durch T ausgetauscht. Es handelt sich somit um eine Punktmutation. Da das Triplett nun für eine andere AS codiert, handelt es sich um eine Missensemutation.		6 3	
1.4.2	aufzeigen, erklären Die Genvariante *EPAS* 1a ist unter normoxischen und hypoxischen Bedingungen aktiv. Durch die Mutation am Gen wird die räumliche Struktur dieses Transkriptionsfaktors verändert. Der Transkriptionsfaktor HIF-2α kann dadurch gegebenenfalls nicht mehr so gut an den Transkriptionsfaktor HIF-2β binden. Somit kann die Transkription von Genen, die für Enzyme bzw. Proteine codieren, die an der Bildung von Erythrozyten beteiligt sind, in einem geringeren Umfang erfolgen. Es findet also bei Vorliegen der *EPAS* 1a-Variante unter hypoxischen Bedingungen eine geringere Synthese von Erythrozyten statt als bei Menschen in gleicher Situation, die das *EPAS* 1-Gen besitzen. Da HIF-2α eine höhere Affinität zu Sauerstoff aufweist, kann der abbauende Stoffwechselweg von HIF-2α beschleunigt werden. In Folge wird dieser Transkriptionsfaktor HIF-2α vermehrt zerstört und es können sich nicht mehr so viele HIF-2α/ HIF-2β-Komplexe bilden. Die Gene, die an der Erythrozytenbildung beteiligt sind, werden so weniger aktiviert. aufzeigen erklären		 1	2 4
	Summe 42	**8**	**18**	**16**

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
2.1	beschreiben, erläutern – Körperzellen präsentieren Antigene mithilfe der MHC I-Moleküle an ihrer Oberfläche. – Makrophagen phagozytieren Antigene, Zellbruchstücke bzw. ganze Zellen und präsentieren diese Antigenteile mithilfe ihrer MHC II-Moleküle auf der Zelloberfläche. – T-Helferzellen erkennen mit ihren spezifischen T-Zell-Rezeptoren die von Makrophagen präsentierten Epitope. Über diese Rezeptoren und CD4-Co-Rezeptoren kommt die Bindung zustande. – Cytokine werden ausgeschüttet und bewirken die Vermehrung und Differenzierung der CD8-T-Lymphozyten zu Cytotoxischen T-Zellen und T-Gedächtniszellen. Zusätzlich entstehen regulatorische T-Zellen. – Die Cytotoxischen T-Zellen erkennen die Körperzellen an den an MHC I-Molekülen präsentierten Epitopen. – Die Cytotoxischen T-Zellen schütten Perforine aus, die die Membran der Körperzellen durchlöchern, sodass diese lysieren. – Makrophagen werden angelockt und beseitigen die Abfälle. beschreiben erläutern	5	4	
2.2	beschreiben Die Grundstruktur der Proteine besteht aus einer Abfolge von Aminosäuren (AS), die über Peptidbindungen miteinander verbunden sind (Primärstruktur). Die räumliche Anordnung der AS ist aber nicht linear in einer Kette, sondern in Schraubenform (α-Helix) und/oder β-Faltblatt (Sekundärstrukturen). In der dreidimensionalen Struktur ordnen sich die α-Helix- und β-Faltblattabschnitte in der sogenannten Tertiärstruktur an. Wenn mehrere Proteine in der Tertiärstruktur in einer Funktionseinheit vorhanden sind, spricht man von der Quartärstruktur. ergänzen Das Insulinmolekül besitzt eine A-Kette (30AS) und eine B-Kette (21 AS), die mit zwei Disulfidbrücken verbunden sind. Innerhalb der A-Kette liegt an einer Stelle auch eine Disulfidbrücke vor.	6	2	
2.3.1	erläutern – Initiationsfaktoren binden an das Ribosom. – Die mRNA bindet an die kleine Untereinheit. – Die kleine Untereinheit wandert zum Startcodon. – An das Startcodon der mRNA bindet die Met-tRNA (Methionin-tRNA). – Nun bindet die große Untereinheit an den entstandenen Komplex. – Das Ribosom besitzt verschiedene Bindungsstellen, die P-Stelle, an der sich zu diesem Zeitpunkt die Met-tRNA befindet, die A-Stelle und die E-Stelle. – An die A-Stelle lagert sich nun die durch das passende Anticodon vorgegebene tRNA an. – Durch die Peptidyltransferase wird Methionin auf die Aminosäure (AS) an der A-Stelle übertragen und als Dipeptid verknüpft. – Die nun freiwerdende tRNA löst sich vom Ribosom (E-Stelle). Das Ribosom wandert nun ein Codon in 3′-Richtung weiter. – Die A-Stelle ist nun frei und kann durch eine weitere tRNA besetzt werden. – Der beschriebene Vorgang wiederholt sich, bis das Ribosom auf ein Stopp-Codon trifft. Dieses hat keine passende tRNA. Das Ribosom zerfällt.	5	5	

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
2.3.2	erläutern, erklären Zunächst wird ein spezifischer Antikörper auf einem Probengefäß fixiert, dessen räumliche Struktur so gestaltet ist, dass er an die nachzuweisende Substanz, in diesem Fall Insulin, binden kann. Anschließend wird die zu untersuchende Probe hinzugegeben. Ist Insulin vorhanden, bildet sich ein Antikörper-Insulin-Komplex. Es schließt sich ein Waschvorgang an, bei dem nicht gebundene Substanzen entfernt werden. Im nächsten Schritt wird ein spezifischer, enzymgekoppelter Sekundärantikörper hinzugegeben, der im vorgegebenen Fall an das Insulin bindet. Nach einem weiteren Waschschritt, der alle nichtgebundenen Sekundärantikörper entfernt, wird ein für das Enzym Meerrettichperoxidase spezifisches Substrat zugegeben und inkubiert. Bei einer positiven Reaktion, also dem Vorhandensein von Insulin in der Probe, entsteht ein farbiges Produkt, dieses wird optisch detektiert.	3	4	
	erläutern erklären			3
2.3.3	ableiten Das C-Peptid besitzt eine 10-fach höhere Halbwertszeit als Insulin. Folglich wird sich im Blut der Person auch deutlich mehr C-Peptid befinden als Insulin.		2	
	aufzeigen C-Peptid kann zur Bestimmung der Funktion der β-Zellen genutzt werden. Da nur beim Diabetes Typ-I die β-Zellen zerstört sind, kann hier kein C-Peptid nachgewiesen werden. Beim Diabetes Typ-II kann hingegen C-Peptid nachgewiesen werden. Die hohe Halbwertszeit des C-Peptids gewährleistet relativ sichere Testergebnisse.			4

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
2.4	aufzeigen Zunächst wird eine cDNA hergestellt, indem aus den β-Zellen der Bauchspeicheldrüse die mRNA des Gens, das für Insulin codiert, isoliert wird. Durch Reverse Transkriptase wird am mRNA Einzelstrang eine Einzelstrang-cDNA gebildet. Nach Denaturierung des entstandenen Doppelstrangs aus mRNA und cDNA wird mithilfe einer DNA Polymerase ein „Insulin“-cDNA Doppelstrang gebildet. An den Strangenden werden sticky ends angefügt, die zu den Schnittstellen der als Vektor verwendeten Plasmid-DNA passen. Anschließend wird der Expressionsvektor mit zwei Antibiotika-Resistenzgenen als Markergene hergestellt. Ein Antibiotika-Restenzgen wird mit einem geeigneten Restriktionsenzym geschnitten, sodass Schnittstellen entstehen, die zu den sticky ends der cDNA passen. Da mit einem bakteriellen Promotor gearbeitet wird, werden die Plasmide anschließend z. B. durch Elektroporation in die Bakterienzellen transformiert. Mithilfe der Markergene kann nun die Selektion der für die Kultivierung geeigneten Bakterienzellen erfolgen. Bakterienzellen, die das Plasmid mit eingebautem Fremdgen („Insulin“-cDNA) aufgenommen haben, werden weiterkultiviert. Ein geeignetes Nährmedium wird mit dem Bakterienstamm inkubiert. Die Bakterienzellen produzieren nun unter geeigneten Bedingungen (Nährstoffe, Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffeintrag) das Proinsulin. Eine Extraktion und Aufreinigung schließt sich an. Posttranslative Prozesse folgen. Nach Faltung der Ketten und Oxidation der Cysteine liegt das Insulin in seiner nativen Form vor.		2	7
	anfertigen A: Plasmid mit Fremdgen Klonierung erfolgreich Kanamycinresistenz wird zerstört B: Plasmid ohne Fremdgen beide Antibiotikaresistenzen bleiben erhalten C: Zelle ohne Plasmid Es kann keine Antibiotikaresistenz ausgebildet werden. A, B, kein Wachstum C Überstempeln der Bakterienkolonien auf ein Selektivnährmedium mit Kanamycin kein Wachstum A, B, kein Wachstum C Vollmedium mit Ampicillin — Vollmedium mit Kanamycin geändert nach: https://www.abiweb.de/biologie-grundlagen-vererbung/angewandte-biologie/gentechnik-klonierung/klonierung-selektion-transgener-zellen/stempeltechnik.html (abgerufen am 15.03.2020).	3	3	
	Summe 58	**22**	**22**	**14**

III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Bei der Bewertung und Beurteilung der Übersetzungsleistung in den Fächern Latein und Altgriechisch sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 14 OAVO in Verbindung mit Anlage 9c anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO sowie Anlage 9c zu § 9 Abs. 14 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt.

Für die Bewertung in den modernen Fremdsprachen ist der „Erlass zur Bewertung und Beurteilung von schriftlichen Arbeiten in allen Grund- und Leistungskursen der neu beginnenden und fortgeführten modernen Fremdsprachen in der gymnasialen Oberstufe, dem beruflichen Gymnasium, dem Abendgymnasium und dem Hessenkolleg“ vom 7. August 2020 (ABl. S. 519) zugrunde zu legen. Demnach erfolgt die Bewertung und Beurteilung mit der Maßgabe, dass lediglich bei der Ermittlung des Prüfungsergebnisses (Note) aus Prüfungsteil 1 und 2 gerundet wird.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Als Kriterien für die Bewertung und Beurteilung dienen unter Beachtung der Zielsetzung der gymnasialen Oberstufe nach § 1 Abs. 2 OAVO neben dem Inhaltlichen auch die in den Kerncurricula genannten überfachlichen Kompetenzen, insbesondere die Sprachkompetenz und Wissenschaftspropädeutik; dies zeigt sich u.a. in qualitativen Merkmalen wie Strukturierung, Differenziertheit, (fach-)sprachlicher Gestaltung und Schlüssigkeit der Argumentation.

Im Fach Biologietechnik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung eines Vorschlags, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45% der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75% der zu vergebenden BE erreicht werden.

Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen			Summe
	AFB I	AFB II	AFB III	
1	8	18	16	**42**
2	22	22	14	**58**
Summe	**30**	**40**	**30**	**100**

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.